

# ТАЁЖНЫЕ ЛАНДШАФТЫ

Наиболее распространенный тип ландшафтов, образует единую таежную зону от западных до восточных границ в России и Канаде.

## Биологический круговорот

Биомасса в тайге немного уступает влажным тропикам и широколиственным лесам.

В южной тайге  $B > 3000$  ц/га, в северной понижается до 500-1000 ц/га.

Более половины  $B$  представлено древесиной, состоящей из клетчатки, в меньшей степени из смол, дубильных веществ и др. органических соединений. Специфичны фитонциды.

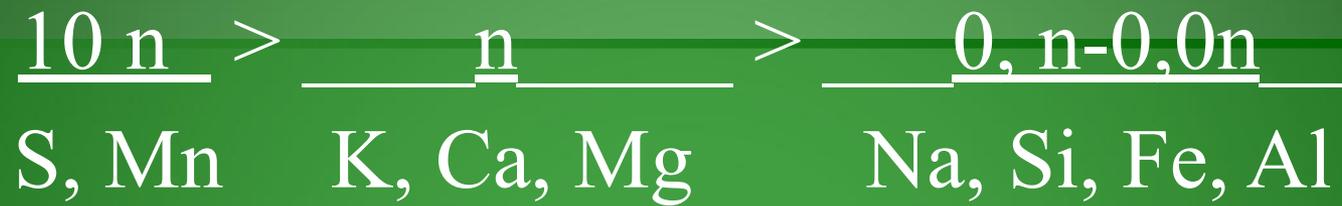
Число видов высших растений вдвое меньше, чем в широколиственных лесах.

Зеленая часть обычно не менее 3% от биомассы, по этому показателю тайга ближе к влажным тропикам (8%), чем к широколиственным лесам (1%).

П в южной тайге почти такая же, как в широколиственных лесах (85 ц/га), в северной тайге – 40-60 ц/га.

Растительный опад в южной тайге меньше (55 ц/га), в северной тайге – 35 ц/га.

Ряды биологического поглощения для ельников европейской России такие же, как для широколиственных лесов:



Как и в широколиственных лесах, подобный характер рядов определил возможность биогенного накопления в почвах S, P, Mn, K, Ca, Mg и др. редких элементов.

Для тайги характерна низкая зольность прироста: в северной тайге – 1,5%, в средней и южной – 1,6-2,5% (в ШЛ – 3,5%) → хвойные деревья беднее золой, чем лиственные.

Зольность хвои – 2-3%, листьев широколиственных пород – 5-8%.

Важны различия и в количественном составе золы: в хвое основная роль принадлежит  $\text{SiO}_2$ , клеточный сок хвои ели, сосны и лиственницы содержит свободные органические кислоты, его рН 4,5-6,5, рН таежных трав также нередко кислый → уже в растениях создается характерная геохимическая особенность таежного ландшафта – кислая среда

С опадом в тайге ежегодно возвращается значительно меньше водных мигрантов, чем в ШЛ: в ельниках южной тайги – 85 кг/га, в северной тайге- 52 кг/га.

Для тайги характерен азотный тип химизма бика ( $N > Ca$ ), в ШЛ – кальциевый ( $Ca > N$ ).

В холодной тайге разложение органических веществ протекает медленнее, чем в ШЛ, микроорганизмы работают не столь энергично, время их деятельности в году короче, некоторые группы бактерий отсутствуют.

Масса подстилки более чем в 10 раз превышает опад зеленой части, этим тайга резко отличается от других типов ландшафтов: влажные тропики – 6-25 ц/га, ШЛ – 126-250 ц/га, тайга – 251-1000 и более ц/га.

«Подстилочный индекс» в тайге равен 6-20 → свидетельствует о заторможенности бика.

В растительном опаде елового леса количество кислотных органических соединений в десятки раз превышает количество катионов золы и N, дающих основания.

Низкое содержание в золе сильных оснований (Ca, Mg, Na, K) при отсутствии их подвижных форм в горных породах обуславливает кислый характер почвенных растворов: часть органических кислот существует в свободной форме → кислая реакция лесной подстилки и верхних горизонтов почвы (pH 3,5-4,5).

Существует 3 направления в разложении растительных остатков (Пономарева В.В.): минерализация ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ), гумификация и образование водорастворимых органических соединений.

В тайге гумификация и минерализация ослаблены, энергично идет образование фульвокислот.

Нейтрализация фульвокислот происходит за счет Fe и Al почвенных минералов → возникают фульваты Fe и Al, создается возможность кислого выщелачивания, которая реализуется на всех бескарбонатных породах, где формируются ландшафты кислого (H) и кислого глеевого классов (H-Fe).

Часть органических соединений входит в состав глинистых минералов.

Таким образом, главное геохимическое отличие бика тайги от бика ШЛ состоит:

- В специфическом соотношении Б и П;
- В меньшей скорости разложения органических веществ;
- Меньшем количестве водных мигрантов, вовлекаемых в бик и поступающих с опадом;
- Более кислом характере продуктов разложения;
- Меньшей роли биокосной отрицательной обратной связи.

Исходя из этих особенностей, таежные ландшафты ближе к влажным тропикам, чем к ШЛ.

## Атмосферная миграция

Тайга ежегодно получает с атмосферными осадками 0,5-0,25 ц/га солей, что составляет  $\frac{1}{4}$  их количества, потребляемого растительным покровом.

Ионный сток, наоборот, примерно в 2 раза больше.

При этом, в некоторых таежных ландшафтах, особенно в горной тайге Сибири, минерализация и состав атмосферных осадков близки к трещинным водам коры выветривания. В этих ландшафтах роль атмосферных осадков в поступлении подвижных элементов значительна.

## Систематика

В зависимости от степени континентальности, истории геологического развития и проявления многолетней мерзлоты таежный тип на территории Евразии разделен на несколько отделов:

1. Приокеаническая (атлантическая) тайга (Прибалтика, запад Белоруссии)
2. Умеренноконтинентальная тайга (европейская Россия)
3. Континентальная сибирская тайга (без многолетней мерзлоты)

4. Континентальная и резкоконтинентальная сибирская мерзлотная тайга
5. Приокеаническая (тихоокеанская) мерзлотная тайга (побережье Охотского моря и др.)
6. Приокеаническая (тихоокеанская) тайга без мерзлоты (Сахалин, Камчатка, Курилы, Приморье)

В каждом отделе выделяются 3 основных семейства – северной, средней и южной тайги, различающиеся по величине П.

Наиболее изучена южная тайга.

Переходным к типу ШЛ является семейство европейских хвойно-широколиственных лесов, образующее особую подзону. Геохимически эти ландшафты ближе к тайге, чем к ШЛ.

Во всех семействах преобладают кислые ( $H^+$ ) и кислые глеевые ( $H^+-Fe^{2+}$ ) классы ландшафтов, причем соотношения между ними закономерно изменяются от южной тайги к северной.

# Умеренноконтинентальная тайга

## Южнотаежное семейство

Это самая теплая тайга, простирается широкой полосой по южной окраине таежной зоны.

Здесь наиболее распространены ландшафты кислого класса.

**Кислая южная тайга (Н-класс).**

*Автономные ландшафты* формируются на бескарбонатных породах в условиях сравнительно хорошего дренажа, исключая заболачивание.

Бик обуславливает энергичное кислое выщелачивание и слабое биологическое поглощение → автономный ландшафт в целом обедняется подвижными элементами → формируются дерново-подзолистые почвы, в гумусовом горизонте которых биогенным путем аккумулируются гумус, К, Са, Р и др. элементы.

Эти же элементы, а также Fe, Al и  $\text{SiO}_2$ , выносятся с просачивающимися атмосферными осадками.

Таким образом, как во влажных тропиках, в тайге происходит энергичное разложение верхнего горизонта литосферы и выщелачивание подвижных элементов

Однако при этом мощность измененного слоя значительно меньше, нежели во влажных тропиках.

Мигрирующие минеральные и органические соединения частично закрепляются в иллювиальном горизонте В, рН которого выше чем гумусового.

Таким образом, в дерново-подзолистых имеет место щелочно-кислотная и окислительно-восстановительная зональность.

При этом считается, что для образования дерново-подзолистых почв необходим анаэробизис, обусловленный переувлажнением. Такое поверхностное временное заболачивание наблюдается, например, весной и осенью (верховодка) → наиболее восстановительные условия возникают под подстилкой. От болот это оглеение отличается более кислой средой, промывным режимом → оподзоливание – это кислое инфильтрационное глеевое выщелачивание, а в болотах развито диффузионное слабокислое или нейтральное глеевое выщелачивание.

Восстановительная глеевая среда гумусовых горизонтов книзу сменяется окислительной → возникает окислительный (кислородный) барьер Аб на границе иллювиального горизонта (осаждается  $Fe^{3+}$ ).

При хорошем дренаже в тайге встречаются и кислые неоподзоленные почвы (например, на Урале).

В профиле дерново-подзолистых почв формируется два основных вида геохимических барьеров:

- верхний биогеохимический и сорбционный G2, G6 (гумусовый г-т) → аккумулируются N, C, H, Ca, P, часто также Mn, Zn, Cu, Ni, Co и т.д.;
- нижний на границе гумусового и иллювиального горизонтов, совмещенный — щелочной, сорбционный D2, D6 – G2, G6, и, кислородный A6 → аккумуляция Fe, Al, Mn, Cu, V, Ni, Co, Zn.

Дерново-подзолистые почвы бедны элементами питания растений, многие из них находятся в слабоподвижной форме → в почвах мало N, P, K, а также B, J, Br, V, Cr, Ni, Co и др. редких и рассеянных элементов, которые интенсивно выщелачиваются.

Как и во влажных тропиках значительная часть элементов сосредоточена в растениях, так как кислая среда обуславливает не только выщелачивание металлов, но и способствует поступлению их подвижных форм в растения.

Многие таежные деревья (ель, сосна, береза) являются концентраторами Mn, Zn, Pb, Sr, Ba – активных водных мигрантов таежных ландшафтов.

Особенности дерново-подзолистых почв следует учитывать при литогеохимических поисках в тайге → вторичные ореолы с поверхности местами ослаблены за счет кислого выщелачивания металлов из гумусовых горизонтов; в подобных ландшафтах отбор проб следует брать из иллювиального горизонта.

Под влиянием растворов, просачивающихся из почвы, в тайге формируется кора выветривания, достигающая мощности нескольких метров.

На изверженных и метаморфических породах кора представлена бурыми суглинками с обломками пород.

При выветривании силикатов образуются гидрослюды и бурые гидроксиды Fe; растворимые продукты выносятся, кора обедняется катионами и относительно обогащается Fe, Al и  $\text{SiO}_2$  → приобретает нейтральную или слабощелочную реакцию.

В общем выветривание направлено в ту же сторону, что и во влажных тропиках, но протекает со значительно меньшей интенсивностью, поэтому образуется не столь мощная и выщелоченная гидрослюдистая кора выветривания.

Склоновые отложения формируются в результате перемещения частиц почв и коры выветривания; при этом большую роль играют дефлюкция и солифлюкция.

Поэтому в горной тайге Сибири преобладают солифлюкционные и дефлюкционные отложения.

В водно-ледниковых районах Русской равнины развиты как солифлюкционные, так и делювиальные склоны.

В верхних частях склонов при их значительной крутизне ( $15-30^{\circ}$ ) и щебнистости происходит движение сухого обломочного материала (песка, дресвы, щебня) за счет изменения объема при колебаниях температуры.

Такие движение были названы Воскресенским С.С. десерпцией.

Десерпционные отложения характеризуются ограниченным распространением.

Склоновые и аллювиальные отложения, как и кора выветривания, не содержат карбонатов, имеют слабокислую или нейтральную реакцию, гидрослюдистый состав.

Промытость почв и коры выветривания определяет низкую общую минерализацию грунтовых вод.

В формировании химизма вод главную роль играет разложение органических веществ, поэтому среди катионов в водах преобладает  $\text{Ca}^{2+}$ , а среди анионов –  $\text{HCO}_3^-$ .

$\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и др. талассофильные ионы поступают частично из атмосферных осадков.

Грунтовые воды содержат органические соединения гумусового типа, а иногда и минеральные коллоиды.

Местами развивается глеевая среда → соединения  $\text{Fe}^{3+}$  во вмещающих породах восстанавливаются и переходят в раствор ( $\text{Fe}^{2+}$ ).

Еще легче восстанавливается и переходит в раствор Mn. Эти воды благоприятны для миграции большинства редких металлов. Реакция грунтовых вод нейтральная или слабокислая.

Таким образом, в автономном кислом ландшафте нисходящая водная связь между природными телами совершенна, бик играет ведущую роль в формировании химизма почв, коры выветривания, грунтовых вод, склоновых отложений.

Отрицательные обратные биокосные связи выражены слабо.

*Подчиненные ландшафты* резко отличаются от автономных: в понижениях рельефа, речных долинах и озерных котловинах, где грунтовые воды залегают близко к поверхности, создаются условия для заболачивания, образования низинного болота с зелеными мхами, осоками, «кислыми злаками» и др. травами.

Древесная растительность здесь всегда менее продуктивна, чем в автономном ландшафте, биок протекает медленнее, биогенная аккумуляция слабее.

Почвы этих ландшафтов уже с поверхности насыщены водой, грунтовые воды залегают на глубине 0,5-1,0 м.

Подобные условия неблагоприятны для полного разложения растительных остатков.

Свободный  $O_2$  в вод быстро расходуется на окисление части растительных остатков → дальнейшее их разложение происходит в глеевой среде → образуются  $CH_4$ ,  $H_2S$ ,  $H_2$  и  $N_2$ .

Анаэробное разложение никогда не идет с такой скоростью, как аэробное, поэтому в почве накапливается торф.

Геохимия торфа и торфяных болот наиболее изучена в Белоруссии; детально изучены минералого-геохимические системы торфяников.

В сухом веществе торфа (Крештапова В.Н.) Русской равнины содержатся Ge, Cu, Mo, гораздо превышающие кларки. Слабее концентрируются Mn, Sr, Ni, Co, Pb и Yb.

Содержание элементов в торфе зависит от геологического строения и климата областей питания торфяника.

Ниже торфяного расположен минеральный глеевый горизонт, для которого характерен переход  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Mn}^{4+}$  в двухвалентное состояние.

По миграционной способности  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  аналогичны другим двухвалентным катионам (Ca, Mg).

В глеевых горизонтах  $\text{Fe}^{2+}$  находится не только в почвенном растворе, но и в ППК.

При оглеении также происходит оглинение → увеличивается количество коллоидов → становятся более подвижными P,  $\text{SiO}_2$ , Ca, Mg, а также многие редкие элементы.

Болотные воды, кроме  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  и  $\text{PO}_4^{3-}$ , содержат много органических веществ, т.к. в процессе неполного разложения растительных остатков образуются растворимые органические кислоты.

В сухую погоду глеевые воды поднимаясь к поверхности окисляются  $\rightarrow$  в почве возникает кислородный барьер Аб, на котором осаждаются гидроксиды Fe и Mn в форме пленок, железисто-марганцевых конкреций.

Содержание Fe в сухой массе торфа может достигать 20-30%.

При этом гидроксиды Fe и Mn хорошие сорбенты → обогащены V, P, As (гидроксиды Fe), Ba, Co, Ni, Cu (гидроксиды Mn). Для этих элементов здесь формируется сорбционный барьер G2, G6.

Благодаря высокой подвижности Fe в болотных почвах образуются железистые минералы — вивианит и сидерит, при этом залежи вивианита могут использоваться в качестве местного фосфорного удобрения.

Круговорот N, P, K, Ca и др. элементов в болотных ландшафтах замедлен, т.к. эти элементы активно поглощаются растениями → образуются сложные органические соединения → торф → не участвуют в бике данного ландшафта.

Поэтому на болотах растут только неприхотливые растения, адаптирующиеся к недостатку кислорода в почвах, кислой реакции и малому количеству минеральных питательных веществ.

Краевые зоны болот являются глеевыми – С2, С3, и сорбционными (G2, G3) геохимическими барьерами, на которых задерживаются многие элементы, выщелоченные из почв и коры выветривания водоразделов.

Торфяные почвы здесь обогащаются Са, Р, Mg, а из микроэлементов – Си и Со; бик протекает энергичнее, видовое разнообразие больше, бонитет деревьев выше.

Подобные барьеры интересны и при решении экологических задач — они являются препятствием для распространения техногенного загрязнения, не позволяют ему распространиться на значительные расстояния.

Своеобразная геохимическая обстановка создается на низких и средних поймах рек, которые большую часть года находятся в надводных условиях, а в период паводка — в подводных → изменение окислительно-восстановительных условий во времени (паводок-межень) и в пространстве (верхние и нижние горизонты почв) → формируются кислородные, глеевые и сорбционные барьеры.

Также установлено, что геохимические особенности пойм определяются утяжелением гранулометрического состава в ряду фаций аллювия: русловая – пойменная – старичная, при этом сопровождается увеличением содержания Al, Ti, Cr, V, Cu, Mo.

# Геохимия надпойменных террас.

Чем выше терраса, тем сложнее история ее ландшафта → больше прошло времени после пойменной стадии → контрастнее климатические изменения.

Почвы и аллювий террас содержат геохимические реликты, преимущественно следы былых геохимических барьеров (железистые, марганцевые, известковые и другие аккумуляции).

## Аквальные ландшафты.

Превышение осадков над испарением, бедность почв и коры выветривания растворимыми соединениями обуславливают малую минерализацию речной воды – не более 0,5 г/л.

Среди катионов больше всего Ca, на втором месте Mg, на третьем – Na.

Из анионов преобладает  $\text{HCO}_3^-$ , меньше  $\text{SO}_4^{2-}$ , еще меньше  $\text{Cl}^-$ .

Поэтому речная вода, как правило, гидрокарбонатно-кальциевого класса, также содержит РОВ.

В таежных реках до 50-70% Fe, Mn, Ni, Co и др. металлов, связанных с РОВ.

Реакция вод обычно нейтральная и слабощелочная.

Для многих кислых таежных ландшафтов характерны озера с пресной слабоминерализованной водой, содержащей мало Ca → озерные осадки бескарбонатны (озера европейской части Евразии).

Таежные озера богаты живым веществом → создается окислительно-восстановительная и щелочно-кислотная зональность.

На дне озер накапливаются остатки водорослей и др. растений, мелких животных, рыб. Для разложения этой массы не хватает кислорода → создается восстановительная среда → образуется «гнилой озерный ил» - сапропель – коллоидная студенистая масса желтого, бурого и зеленоватого цвета.

Помимо органики ил содержит минеральные соединения, преимущественно глинистые частицы – продукт эрозии почв и пород бассейна озера

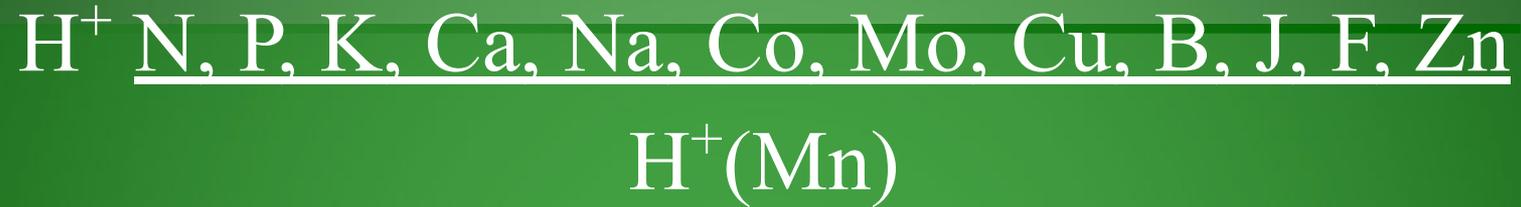
Таким образом, в кислой южной тайге  $H^+$  оказывает влияние на все свойства ландшафта, на миграцию в нем химических элементов.

Почти все химические процессы протекают или под влиянием  $H^+$ , или при непосредственном участии. Поэтому  $H^+$  - типоморфный ион ландшафта. Для сопряженных ландшафтов болот, кроме  $H^+$  типоморфно Fe.

Для кислой тайги характерен дефицит многих элементов, особенно Са → здесь растут растения, хорошо переносящие кислую реакцию, недостаток Са.

Миграция элементов в кислых таежных ландшафтах направлена в сторону выщелачивания из почв подвижных элементов, которые частично накапливаются на геохимических барьерах в подчиненных ландшафтах – болотах, поймах, сапропеле.

Геохимическая формула автономных ландшафтов южной тайги:



Геохимическая формула болотного ландшафта:



## *Ландшафты кислого глеевого класса (кислая глеевая тайга).*

Это сильнозаболоченная тайга, распространенная на плоских слабодренированных равнинах (Западная Сибирь и др.), в которых развивается поверхностное заболачивание.

Автономные ландшафты во многом аналогичны подчиненным ландшафтам кислой тайги.

Б и П здесь низкие. В биомассе возрастает роль мхов (50-100 ц/га).

Разложение растительных остатков протекает медленно → накапливается много подстилки.

В подзолисто-болотных почвах развивается оглеение, характеризуются сильнокислой реакцией.

Почвенные и грунтовые воды, как и в других таежных ландшафтах, мало минерализованы, содержат органические кислоты и Fe.

Подчиненные ландшафты – болота, озера, реки, аналогичны кислым таежным ландшафтам.

Низкая биологическая продуктивность кислой глеевой тайги обусловлена дефицитом кислорода. Избыточны  $H^+$  и  $Fe^{2+}$ .

Ландшафт характеризуется низкой геохимической контрастностью: и автономные, и супераквальные ландшафты имеют много общего, геохимическая формула:



## *Ландшафты кальциевого (Са) и переходного (Н-Са) классов.*

Основная геохимическая особенность – участие в миграции карбонатных пород – известняков и доломитов, и др.

Наиболее характерны кальциевые южнотаежные возвышенности и кальциевая горная тайга.

Автономный ландшафт характеризуется видовым разнообразием, высокой П, хорошим ростом деревьев, богатым травостоем и кустарниковым ярусом, высокой самоорганизацией.

$B = 3500$  ц/га,  $P = 100$  ц/га.

Подвижные соединения Са обуславливают нейтральную, слабощелочную и щелочную реакцию почв; насыщенность ППК Са и Mg.

Обменного водорода почвы не содержат → благоприятные условия для накопления гумуса.

Дерново-карбонатные почвы отличаются от дерново-подзолистых кислой тайги.

При литохимических поисках в таких районах пробы можно отбирать с поверхности.

Кора выветривания — щебень известняка с примесью глинистого мелкозема.

Подземные и поверхностные гидрокарбонатно-кальциевые воды характеризуются высоким содержанием Са, повышенной минерализацией, местами жесткостью, нейтральной или слабощелочной реакцией.

В этих водах миграционная способность Fe мала; легко мигрируют Mo, U и др. анионогенные элементы.

Мигрирует и Mn → по трещинам в известняках встречаются черные пленки гидроксидов Mn.

Местами распространен карст.

В нижних частях склонов грунтовые воды выходят на поверхность в виде ключей с жесткой, чистой и прозрачной водой → формируется термодинамический барьер НЗ → осаждаются кальцит в форме известковых туфов.

На кислородном барьере А осаждаются Mn.

Надводные (супераквальные) ландшафты, питающиеся жесткими грунтовыми водами, также богаты Са.

В местах близкого залегания грунтовых вод развиты низинные болота.

Са благоприятствует интенсивному разложению растительных остатков, накоплению хорошо разложившегося, мажущего торфа.

В нижней части болотной почвы из грунтовых вод аккумулируется углекислая известь, развито карбонатное оглеение.

Минерализация вод озер кальциевой тайги в 8-10 раз выше, чем в кислых таежных ландшафтах. Озерные воды бедны P, PОВ и Fe. Сапрпель богат карбонатами.

Организмы Са-тайги имеют достаточное кальциевое питание.

Геохимические особенности Са-ландшафта связаны с интенсивной миграцией и аккумуляцией Са, который обуславливает нейтральную и щелочную реакцию почв, вод, входит в состав продуктов выветривания и почвообразования, является одним из компонентов почвенных, грунтовых и поверхностных вод.

Са – типоморфный элемент данного ландшафта.

Природный кальциевый ландшафт по уровню самоорганизации превосходит ландшафты кислого класса.

# Геохимическая формула автономного ландшафта:



.....

Геохимические ландшафты со слабокислыми почвами, близким залеганием карбонатов в профиле, относятся к переходному (Н-Са) классу. Он распространен в европейской южной тайге и на Урале.

*Южнотаежные ландшафты, переходные от кислых к магниевым ( $H^+$  -  $Mg^{2+}$ ).*

Mg – типоморфный элемент, резко преобладающий над Ca. Подобные ландшафты известны на Среднем и Южном Урале в районах распространения ультраосновных пород.

Бик своеобразен – преобладают светлые сосновые леса.

В этих ландшафтах возможны поиски руд Ni, Cr, Co, Fe, Pt и др. металлов.

# *Южнотаежные ландшафты, сернокислого ( $H^+$ - $SO_4^{2-}$ ) класса.*

Ландшафты с сернокислыми водами, приуроченные к сульфидным месторождениям.

Почвы на выходах руды, на склонах, сопряженных аллювиальных отложениях и низинных торфяниках обогащены рудными элементами.

Концентрация сульфат-иона в водах создает возможность развития десульфуризации в подчиненных ландшафтах → возникает сероводородный барьер В1.

В болотных отложениях, озерных илах появляются сульфиды Cu, Zn и др. металлов.

Зона окисления сульфидных руд в тайге формируется значительно медленнее, чем во влажных тропиках. Это обусловлено низкими температурами летнего периода и его малой продолжительностью.

В биологический круговорот сернокислых ландшафтов вовлечены многие рудные элементы, их содержание в растениях повышено.

Таким образом, вокруг выходов сульфидных руд в тайге образуются ореолы рассеяния металлов в почвах, континентальных отложениях, водах, растениях, животных.

Здесь эффективны все основные виды геохимических поисков.

Для сернокислых ландшафтов характерен дефицит N, P, K, Ca. Из-за высокого содержания некоторых металлов в почвах и водах возможны заболевания людей, растений и животных.

# Геохимическая формула сернокислых ландшафтов:



# Северотаежное семейство

Главная особенность – меньшая интенсивность бика по сравнению с южной тайгой, т.е. меньшие значения Б и П, медленное разложение органических веществ, слабая биогенная аккумуляция в почвах

В северной тайге формируются ландшафты:

1. Кислого глеевого класса (наиболее распространены);
2. Кислого класса;
3. Переходного;
4. Кальциевого и др.

## Кислая северная тайга

Формируется на бескарбонатных породах в условиях хорошего дренажа, т.е. преимущественно в горах, частично на возвышенностях и равнинах.

Для этой тайги характерна малая мощность коры выветривания, которая совпадает с почвой → общая мощность продуктов почвообразования и выветривания редко превышает 1,5 м.

В разрушении скальных пород физическое выветривание преобладает над химическим → наличие обильных литоморфов в профиле, преобладание частиц более 1 мм.

Мелкоземистые продукты выветривания представлены в основном легкими суглинками.

Растительные остатки разлагаются медленно, растворимые соединения удаляются из почвы с просачивающимися водами → образуется грубый гумус и торф.

Растворимые фульво- и гуминовые кислоты дают подвижные комплексы с Fe и Al.

Ca, Mg, K и Na, поступающие в почву в результате выветривания и разложения растительных остатков, легко вымываются → нейтрализации органических кислот не происходит → верхняя часть почвы характеризуется сильноокислой реакцией среды.

Fe и Al, мигрирующие с гумусом, частично осаждаются в минеральной части профиля → образуется иллювиальный Al-Fe-гумусовый горизонт буроватого или красноватого цвета.

В северной тайге Карелии и Кольского полуострова Al характеризуется интенсивной миграцией, высоким содержанием в золе растений и является здесь типоморфным элементом (Глазовская М.А.).

Кислые гумусовые воды выносят  $\text{SiO}_2$  → почва обогащается полуторными окислами (как во влажных тропиках).

Характерные продукты выветривания — гидроксиды Fe и Al, органоминеральные комплексы.

В почвах наблюдается и механическое передвижение глинистых суспензий, которые аккумулируются на механическом барьере в нижних горизонтах (обломки пород).

Несмотря на медленное выветривание щелочные и щелочно-земельные элементы интенсивно выносятся из почв → оподзоливание хорошо выражено морфологически → в автономных ландшафтах северной тайги не существует физико-химических барьеров для большинства подвижных элементов.

Таким образом, в кислой северной тайге выделяют два типа почв: подбуры и Al-Fe-гумусовые подзолы, относящиеся по Перельману А.И. к одному классу – кислых таежных почв.

Общая минерализация рек в северной и средней тайге кислого класса не превышает 200 мг/л, часто колеблется в пределах 30-100 мг/л; рН близок к нейтральному (6,8-7,2), но в весенние паводки может снижаться до 6 и даже 5.

РОВ стоит на втором месте после  $\text{HCO}_3^-$

# Кислые глеевые северотаежные ландшафты

Развиваются на слаборасчлененных водораздельных поверхностях с породами глинистого и суглинистого составов, замедленным дренажом, периодическим или длительным переувлажнением почв. Наиболее распространена на севере Восточно-Европейской равнины.

Формируются глее-подзолистые почвы и типичные глеевые почвы с недифференцированным профилем.

Кислородно-сорбционные геохимические барьеры представлены в основном новообразованиями железа – ортштейны, примазки и т.д.

Низкая самоорганизация и, соответственно, малая устойчивость ландшафтов северной тайги, определяют их низкую буферную способность → техногенез приводит к сильному загрязнению среды, резкому нарушению обратных связей, коренному изменению природных условий.

## Континентальная сибирская тайга

Эти ландшафты приурочены к Западной Сибири, частично Восточной Сибири (Енисейский кряж, Приангарье, Саяны).

Подразделяется на таежно-мерзлотный и таежный без многолетней мерзлоты отделы.

Таежные ландшафты без многолетней мерзлоты характеризуются  $B=3000$  ц/га, представленной древесным ярусом.

Масса трав намного ниже, но их роль в бике значительна, особенно в круговороте Si, Al, Ti, Mg, Ba, Sr, Pb.

## Таежно-мерзлотные ландшафты

Многолетняя мерзлота является мощным геохимическим фактором, поэтому все таежно-мерзлотные ландшафты континентального, резкоконтинентального и частично приокеанического климата объединены в один отдел.

Больше всего развита многолетняя мерзлота в северной и средней тайге Сибири.

В Восточной Сибири она встречается и в южно-таежных ландшафтах.

Б, П, самоорганизация и устойчивость многолетнемерзлой тайги ниже, чем в немерзлотной.

Миграция элементов в многолетнемерзлом слое резко ослаблена, близкое его залегание от поверхности уменьшает мощность ландшафта, резко сокращает подземный сток, благоприятствует оглеению.

Кроме льда мерзлые породы содержат и жидкую воду, не замерзающую при отрицательной температуре.

Такая вода мигрирует в сторону более низких температур: зимой и осенью — к земной поверхности, весной и летом — в обратном направлении.

В результате вымораживания происходит выпадение солей, накопление их в деятельном слое → подвижные соединения Fe и Mn.

При таянии льда соли Ca и Mg (хлориды, сульфаты, карбонаты) переходят в раствор, а Ca осаждается:



С этим связывают низкое содержание Ca и CO<sub>2</sub> в маломинерализованных водах мерзлотных районов → увеличение в них Na и Mg, формирование гидрокарбонатно-натриевых вод.

Многолетнемерзлые толщи — это не зона геохимического покоя, здесь протекают ионный обмен, окислительно-восстановительные реакции, возможна и ослабленная миграция.

Гипергенез при низких температурах — криогенез (Тютюнов И.А.), для которого характерны повышенная растворимость газов в водах, понижение рН вод, усиление выщелачивания карбонатов.

Миграция в мерзлых толщах происходит в результате передвижения пленочной влаги и растворенных в ней веществ, меньшее значение имеет диффузия.

В результате сезонных криогенных процессов выпучивается и сортируется по крупности каменный материал, поэтому в почвах с поверхности залегает щебнистый горизонт, а под ним – суглинистый с щебнем.

Маломощный деятельный слой полностью охвачен почвенными процессами; в мерзлотных ландшафтах кора выветривания часто совпадает с почвой.

Низкая температура деятельного слоя ослабляет работу микроорганизмов, избыточное увлажнение понижает интенсивность бика → формируются таежные ожелезненные, мерзлотные болотные почвы и др.

Грунтовые воды в районах сплошной мерзлоты превратились в лед → основная роль принадлежит поверхностному и внутрипочвенному стоку.

В руслах рек благодаря утепляющему влиянию вод мерзлота часто залегает глубоко → возможно поступление в долину подмерзлотных вод, в местах разгрузки которых образуются наледи → формируется термодинамический барьер Н6-Н7.

За счет понижения давления и выделения  $\text{CO}_2$  в наледь поступают карбонаты Ca, Mg, Fe и Mn.

Летом после таяния льда на поверхности почвы остаются соли.

Такие пространства Швецовым П.Ф. были названы наледными геохимическими полями.

Стекающие по мерзлой почве атмосферные воды растворяют большое количество органических веществ → поэтому воды характеризуются большой цветностью, малой минерализацией (10-20 мг/л), низким рН (4,0-4,6) и резко выраженным преобладанием в анионном составе  $SO_4^{2-}$  ( $HCO_3^-$  почти нет).

После сильных дождей почвы промываются настолько интенсивно, что водная вытяжка так же мало минерализована, как и атмосферные осадки.

В половодье и при сильных паводках речные воды также по общей минерализации не отличаются от атмосферных осадков.

В холодной воде органические соединения окисляются медленнее, поэтому даже в горных районах реки имеют коричневую богатую РОВ воду.

Основным геохимическим фактором, определяющим подвижность и формы миграции элементов, а также pH и содержание  $\text{CO}_2$ , является РОВ.

Подчиненные ландшафты в кислой мерзлотной тайге представлены заболоченными лесами и болотами.

Почвенно-грунтовые и поверхностные воды — ультрапресные.

Ионный состав вод определяется атмосферными осадками — особенно для Cl и Na.

В отделе таежно-мерзлотных ландшафтов выделяются 3 семейства: северная, средняя и южная тайга, распространение которых подчиняется широтной зональности и высотной поясности.

Геохимическая систематика этих ландшафтов учитывает и особенности распространения мерзлоты:

- мощность деятельного слоя;
- сплошной или островной характер мерзлоты;
- мощность многолетнемерзлых пород;
- существование подмерзлотных вод.

В мерзлотной тайге распространены те же классы ландшафтов, что и в немерзлотной.

[H, H-Fe, Ca-Fe] (Pb, Cu, Zn, Ni) Hg

Mo, Sb, Sn

[H-Ca] Mo, Sb, Sn, Hg, (Pb, Cu, Zn, Ni)

-----

[Ca, Ca-Fe, H] Hg, Pb, Cu, Zn, Mo, Sb, Ni, Sn

-----

[H, H-Fe] Pb, Cu, Zn, Ni, (Hg)

Mo, Sb, Sn

[H-Fe] Pb, Cu, Zn, Ni Hg

Mo, Sb, Sn

В квадратных скобках — класс ландшафта, в числителе — мигрирующие элементы (в скобках — предположительно мигрирующие). В знаменателе — элементы, осаждающиеся на геохимических барьерах (в скобках — преимущественно осаждающиеся). После дроби — элементы, мигрирующие и осаждающиеся в равной степени.

# Многолетнемерзлые ландшафты сернокислого класса

Многолетнемерзлые толщи содержат незамерзающую воду → возможность окисления сульфидов с образованием серной кислоты и легкорастворимых сульфатов Fe, Cu, Zn и др.

Большинство сульфидных месторождений в мерзлотных районах имеет зону окисления сульфатного типа → в мерзлых толщах образуются криогенные солевые ореолы рассеяния.

Процессы окисления сульфидов сопровождаются значительным выделением тепла → в пределах рудных полей возникают талики.

Некоторые зоны окисления сульфидных руд являются геохимическими реликтами, т.к. они сформировались в условиях более теплого дочетвертичного климата, когда в Сибири не было мерзлоты.